GIOVANNI RIZZACASA D'ORSOGNA

LA LUNA
NELLA
DIVINA COMMEDIA

TRE NUOVI STUDI

DI ASTRONOMIA DANTESCA

I. Congiunti con la prima stella.
(*Parad.* II, 29-30).

II. Il volger del ciel della Luna.
(*Parad.* XVI, 82-83).

III. Un dice che la Luna si ritorse.
(*Parad.* XXIX, 94-102).





PALERMO
Stabilimento Tipografico Virzì
1912

ALLA MIA AMATISSIMA FIGLIA

MARIA

CHE NEL PARADISO DI DANTE

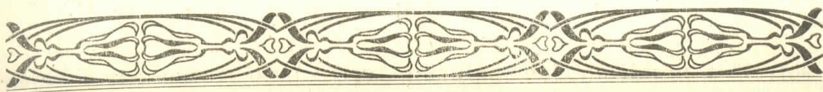
PREDILIGE L' ETERNA MARGHERITA

OVE PICCARDA DICE

« IO FUI NEL MONDO VERGINE SORELLA »

E POI SOAVE CANTA

AVE MARIA



I.

NELLA LUNA

Drizza la mente in Dio grata, mi disse,
Che n'ha congiunti con la prima stella.
(*Parad.* II, 29-30).

Volgendo l'ottavo giorno del poetico viaggio di Dante, la Luna trovavasi, nell'ora di mezzodì, a 11 gradi del Segno di Capricorno (1). Quanto tempo impiegò Egli per salirvi? E quanto tempo vi restò? —Una volta che non volle dirci nè l'una, nè l'altra cosa, è inutile che tu ti ponga siffatti problemi, non li potrai risolvere. — Così probabilmente dirà subito chiunque si fermi all'apparenza, dimenticando che molte volte il Poeta si compiace di farci indovinare il suo pensiero, segnatamente ne' luoghi ove tratta di astronomia. — Ma quale importanza (si potrà insistere) avranno per gli studi della Divina Commedia, dato anche che possano risolversi, le questioni astronomiche che tu ora ti poni?—A chi mi facesse codesta seconda osservazione dovrei rispondere, che Dante ci mostra lo studio accuratissimo che fece per la distribuzione del tempo nel suo poetico viaggio; è dunque Lui che ci costringe a porre e ri-

(1) Purchè il poetico viaggio di Dante si ponga giustamente dal 25 marzo al 2 aprile dell'anno 1301.

solvere i problemi, de' quali non tutti sanno riconoscere l'importanza.

Da un cielo all'altro, fino all'Empireo (lo dice esplicitamente Egli stesso), passa sempre in un attimo. Dalla Luna, infatti, a Mercurio va con la stessa rapidità, con la quale, dal cielo della Luna passò all' astro, cioè con quella della saetta: « E sì come saetta che nel segno Percuote pria che sia la corda queta » (V, 91-92). Da Mercurio a Venere: « Io non m' accorsi del salire in ella » (VIII, 13). Da Venere al Sole: « Ed io era con lui; ma del salire Non m' accors' io, se non com' uom s' accorge, Anzi il primo pensier, del suo venire » (X, 34-36). Dal Sole a Marte: « E vidimi traslato, Sol con mia donna, in più alta salute. Ben m' accors' io ch'io era più levato, Per l'affocato riso della stella, Che mi parea più roggio che l' usato » (XIV, 83-87). Da Marte a Giove: « Sì m' accors' io che il mio girare intorno Col cielo insieme avea cresciuto l'arco, Veggendo quel miracolo (*Beatrice*) più adorno » (XVIII, 60-63). Da Giove a Saturno: « Noi sem levati al settimo splendore » (XXI, 13). Da Saturno al Segno de' Gemelli: « Tu non avresti, in tanto, tratto e messo Nel foco il dito, in quanto io vidi il Segno Che segue il Tauro e fui dentro da esso » (XXII, 109-111). Dal cielo delle stelle fisse al Primo Mobile: « E la virtù che lo sguardo m'indulse, Dal bel nido di Leda mi divelse E nel ciel velocissimo m' impulse (XXVII, 97-99). Finalmente, dal Primo Mobile all' Empireo: « Noi semo usciti fuore Del maggior corpo, al ciel di pura luce (XXX, 39-40).

Ma Dante non indica il tempo che si trattiene in ciascun pianeta. Andando al cielo della Luna, molto discorre con Beatrice, appena si accorge di essere nella regione del fuoco, e comincia a sentire l'armonia delle sfere; dunque anche là era salito in un attimo. Difatti, Ella l'avverte che

folgore fuggendo il proprio sito,
non corse come tu che ad esso riedi;
(*Parad.* I, 92-93).

ma Egli stesso, poco dopo, nota:

la concreata e perpetua sete
del deiforme regno cen *portava*
veloci, quasi, come il ciel vedete.

(*Parad.* II, 19-21).

La velocità del cielo è quella del moto diurno della sfera, moto apparente per noi, reale per Dante. Poi finalmente osserva:

Beatrice in suso ed io in lei guardava;
e forse in tanto, in quanto un quadrel posa
e vola e dalla noce si dischiava,
giunto mi vidi.

(*Parad.* II, 22-25).

Perciò chiaramente, mediante le tre esposte osservazioni, vediamo distinti tre spazi e tre tempi. È il primo spazio quello che intercede fra la Terra e la regione del fuoco: Dante lo supera con la rapidità della folgore, ossia in un istante. Il secondo spazio è quello che rimane fino al cielo della Luna: Dante lo attraversa con la velocità del moto diurno della Sfera; potremo dunque misurare il tempo che vi ha impiegato. Il terzo spazio dev' essere quello che dallo *zenit* del Purgatorio, nel cielo della Luna, è da Lui percorso fino al punto ove trovavasi l'astro, nel tempo che un quadrello *si dischiava, vola e posa.*

L'ardita inversione de' tre verbi in questi versi non fu compresa da' Commenti, nè vecchi, nè nuovi. Quasi tutti dicono che il quadrello, appena *posa* sulla noce della balestra, *si dischiava e vola.* Ma se il verbo *posa* avesse avuto da Dante il significato che gli si attribuisce, cioè di indicare il primo momento o la preparazione dell'atto, il secondo dovrebbe essere *si dischiava* e il terzo *vola.* Invece, l'ordine è inverso, perchè? Perchè volendo farci concepire la grande rapidità con la quale la saetta si *dischiava, vola* e *posa*, ossia colpisce nel segno, il Poeta ci fa osservare il colpo prima del volo, e il volo prima che il quadrello si liberi dalla chiave della balestra. Con la stessa immagine appunto ci significò l' istantaneo passaggio suo, dalla Luna a Mercurio; ma allora ci

dice Egli stesso che la saetta percuote nel segno, prima che la corda sia quieta:

> E sì come saetta che nel segno
> percuote pria che sia la corda queta,
> così corremmo nel secondo regno.
>
> (*Parad.* V, 91-93).

Vediamo ora che cosa ci dice qui un *Commento nuovo* e dei migliori: « Cen portava: cfr. *Parad.* I, 125. *A vedere il cielo* basta un mover di ciglia (!) cfr. *Purg.* 107. Veloci ecc. Quasi con la velocità stessa con cui vediamo il cielo, salirono Beatrice e Dante (!); cfr. *Parad.* I, 92-93 ». Dunque non distingue niente, ne gli spazi, nè i tempi; e Beatrice e Dante salivano alla Luna « in un mover di ciglia »! Questa sarebbe la conclusione. Ma il paragone che il Poeta ci dà nel verso « Veloci quasi come il ciel vedete » non significa che noi vediamo il cielo con la velocità di un mover di ciglia »; bensì che Beatrice e Dante salivano al cielo, con la velocità « che noi vediamo nel muoversi del cielo ». Or come vediamo noi che il cielo si muove? Noi vediamo che il cielo si muove, girando tutto in 24 ore. Dunque 360 gradi nella sfera celeste si muovono in 24 ore; quindi, un grado solo si muove in $24^h : 360$, ossia in 4^m. Dante, per conseguenza, questo volle dirci, che Egli salì fino al cielo della Luna, con la velocità apparente della sfera celeste.

Che faremo per determinare questo movimento? Riconosceremo che Dante spiccò il volo verso i cieli, quando sul Purgatorio era mezzodì. Visitati tutti e sette i pianeti del sistema di Tolomeo, e nell'ordine in cui l'astronomia tolemaica li poneva, ascese a' Gemelli. Dal Segno che aveva dato l' oroscopo al suo nascimento, volse lo sguardo su questo globo che lo fece ridere:

> Tal ch'io sorrisi del suo vil sembiante.

In quel momento stesso, il Sole era giunto sul meridiano di Gerusalemme; ma in quel giorno il Sole era a 20° di Ariete; dunque fra il Segno de' Gemelli e il Sole rimanevano i 10° di Ariete e i 30° del Tauro, esattamente *un segno e più partito* (XXVII, 85-87).

Quando per conseguenza fu mezzodì su Gerusalemme, Egli si trovava lontano dal meridiano del Purgatorio gradi 180-40, ossia 140 gradi. Ma il tempo è dato dal Sole; il Sole si trovava sul meridiano di Gerusalemme; erano dunque trascorse 12 ore. In questo spazio di tempo Dante aveva compiuto il volo verso la Luna, e aveva visitati tutti e sette pianeti, non perdendo un solo istante di tempo, per passare dall'uno all'altro. Delle dodici ore, facciamo otto parti eguali: una per farlo salire dalla regione del fuoco al cielo della Luna, un' altra perchè si trattenga nella prima stella, cioè la Luna stessa; le rimanenti sei, perchè visiti i singoli altri sei pianeti, compreso il Sole. Ora, dividendo 12 ore per otto, abbiamo $1^{h}\,30^{m}$. Questo è dunque, in media, il risultato che si ottiene dalla ripartizione del tempo che Dante assegnò per salire fino alle stelle, dopo aver visitata la Luna e i sette pianeti; e questo appunto è il tempo che il cielo impiega per volgere innanzi a' nostri occhi, dall'oriente all'occidente, *l'ottava parte del cielo che si vede*, cioè dell'emisfero celeste.

Diamo pertanto al cielo della Luna, in media, l'altezza di 60 raggi terrestri; poichè, secondo Dante, ciascuno di questi raggi è eguale a 3250 miglia, 60 raggi terrestri ce ne danno 195000. Se Dante percorse questa distanza in 90 minuti, Egli ascese al cielo della Luna con la velocità di 2167 miglia al minuto primo, ossia 36 al minuto secondo. Anche oggidì la distanza media della Luna è ritenuta eguale a 60 raggi terrestri; ma oggi il raggio medio della Terra è stimato eguale a Chilometri 6377,378; perciò la distanza della Luna dalla Terra è di Chilometri 384 mila circa. Per formarci una idea esatta della velocità con la quale Dante immaginò di aver superata quella distanza, non è inutile avvertire che se una palla di cannone, avesse la velocità costante di 1000 metri al minuto secondo, impiegherebbe a percorrerla, 106 ore; dunque quattro giorni e 25 minuti.

Fino alla regione del fuoco salì con la rapidità della folgore; dalla regione del fuoco al cielo della Luna, con la velocità *quasi* del moto diurno del cielo:

Veloci *quasi* come il ciel vedete.

Perchè dice *quasi?* Anche questo si deve e si può spiegare.

Se diamo al raggio il valore di 1, il valore del quadrante sarà di 1,5708. Per conseguenza, l'ottava parte del raggio nello stesso rapporto starà coll'ottava parte dell'arco. Dunque colui il quale compie il cammino dell'ottava parte dell'arco, nello stesso tempo che un altro percorre l'ottava parte del raggio, non impiega la stessa velocità. La velocità del primo è 1,5708, quella del secondo è semplicemente 1; dunque *quasi* quella di chi percorre l'arco. Con tale matematica esattezza e verità Dante disse:

Veloci *quasi* come il ciel vedete!

È notevole che Benvenuto da Imola, il quale certamente, per ordine di tempo e di merito, è uno de' primi espositori della Divina Commedia, aveva data una nozione esatta, se non piena, di questo luogo, allorchè disse: « L'attrazione innata e continua del Paradiso ci portava in su, *quasi* con la stessa velocità con cui *vedete muoversi il cielo* ». Per l'astronomia di Dante (almeno in questo luogo) l'antico espositore è senza dubbio molto più esatto dei Commenti nuovi i quali interpretano il verso

Veloci *quasi* come il ciel vedete,

asserendo che *noi vediamo il cielo in un muover di ciglia!* Come il muover di ciglia, vale a dire un attimo, possa mettersi d'accordo col passato imperfetto *portava* ed anche *guardava*,

Beatrice in suso ed io in Lei guardava,

lo dicano essi gli autori della inesatta spiegazione. E come si potrà inoltre conciliare il *muover di ciglia* con l'attenzione del Poeta, allorchè, giunto alla regione del fuoco, cominciò a sentire l'armonia delle sfere? L'attenzione non dinota forse l'insistenza della mente, la riflessione propriamente detta, sopra una percezione che si è ricevuta? Come in un istante solo poteva Dante significare a Beatrice il suo stupore e l'ammirazione di vedersi portare su, attraverso quei corpi lievi?

E dissi: Già contento requievi
di grande ammirazion; ma ora ammiro
com' io trascenda questi corpi lievi.

(*Parad.* I, 97-99).

Anche quel *requievi*, anche quel *trascenda* hanno tutt'altro valore che di un atto istantaneo. E si noti che le spiegazioni di Beatrice sono date in un discorso il quale, in due tratti, comprende quarantacinque versi; cioè dal v. 88 al 93 il primo, e dal 103 al 141 il secondo. Si può supporre e ritenere che un discorso, per il quale Dante ci dà quarantacinque endecasillabi, si sia fatto in un muover di ciglia?

C'è, infine, il terzo tratto, quello che fu superato nel tempo che

un quadrel posa
e vola e dalla noce si dischiava.

Questo sì, dinota «un muover di ciglia» non il «veloci quasi». La Luna non era nel punto del suo cielo, ove Beatrice e Dante, salendo verticalmente, dovevano essere giunti, vale a dire nello *zenit* del Purgatorio. La Luna era, come in principio notammo, a 12 gradi circa del Segno di Capricorno, e dopo un'ora e mezzo, certamente si era inoltrata sotto l'orizzonte occidentale del Purgatorio, di altri tre gradi circa. Ma Dante, come già notammo pure, passa da un pianeta all'altro, in un attimo; bisogna, dunque, dire che, essendogli piaciuto di salire dalla sfera del fuoco a quella della Luna, con la velocità che il cielo mette nel suo moto apparente (e ce l'ha fatto intendere nel modo più esatto che poteva), gli piacque altresì di adottare, anche per *la prima stella*, il mezzo che adoperò per le sei altre, cioè l'istantaneità. Non è forse identica l'immagine che gli servì per raggiungere la Luna, con quella della quale si avvalse per dire che fu nel *secondo regno?* L'immagine della saetta per la Luna, l'immagine della saetta per Mercurio.

Io non voglio lasciare questo che indubbiamente è uno dei luoghi della Divina Commedia, dove la dottrina astronomica del

Poeta è più squisita, ma anche più riposta (dopo risoluto il problema, si sa, diventa l' uovo di Colombo!); non voglio, dico, lasciarlo, senza un'altra osservazione.

Beatrice per convincere Dante che Egli non doveva meravigliarsi se « privo d'impedimento, se ne saliva al cielo » gli aveva dato parecchie ragioni. Lascio ai più competenti le mistiche e le morali; io mi restringerò a considerare quelle di ordine fisico, le quali sono: 1° la forza « che porta il fuoco inver la Luna » (v. 115); 2° quella che « la Terra in sè stringe ed aduna » (v. 117); 3° quella che spinge « un rivo che d' alto monte scende fino ad imo » (vv. 137-38).

Or questi fatti, tutti e tre, dipendono da una legge unica, *la gravitazione*. La fiamma deve salire, perchè la sua gravità specifica è molto minore di quella dell'aria. La Terra, come ogni altro astro, ha la forma di un globo, perchè le molecole di materia che la costituiscono, obbedendo tutte alla forza della scambievole attrazione o gravità, che in questo caso chiamasi *coesione*, non possono agglomerarsi diversamente. Il rivo scende, perchè ogni particella di materia che può scorrere, come l'acqua, deve per la legge di gravità, andare « fino ad imo ».

Ora, io non intendo dire che Dante avesse potuto avere la nozione intera dolla gravitazione universale, come giunsero ad averla Keplero e Newton; però devo altamente ammirare il presentimento che egli ne ebbe, Egli poeta che, riassumendo la scienza del medio evo, precorreva, per tante cose, i tempi nuovi!

Conclusione.

Il moto apparente della sfera celeste si compie in 24 ore; per conseguenza, in 12 ore avviene il movimento dell' emisfero *che si vede.*

Appunto dopo 12 ore, dacchè spiccò il volo dal Purgatorio, Dante giunse alle stelle; ma soltanto per la Luna, dalla sfera del fuoco in su, impiegò del tempo. Agli altri pianeti ascese in un attimo. Bisogna pertanto conchiudere, che le 12 ore impiegate per salire, dal Purgatorio al Segno de' Gemelli, debbansi dividere, in media, per l' ascensione alla Luna e per il trattenimento in ciascuno de' sette pianeti.

Delle 12 ore facciamo, per conseguenza, otto parti eguali, ed avremo per ciascuna un'ora e mezzo. Appunto in un'ora e mezzo si compie il movimento apparente, *quello ehe si vede*, di un'ottava parte dell'emisfero celeste. Ma il movimento del cielo si fa in arco, quello di Dante per salire, dalla sfera del fuoco alla Luna, si fece in linea verticale: dunque, tempo eguale, ma spazi disuguali. Disse pertanto bene:

Veloci *quasi* come il ciel vedete.





II.

LE MAREE

E come il volger del ciel della Luna,
copre e discopre i liti senza posa.....

(*Parad.* XVI, 82-83).

Non vi è forse, in tutta la Divina Commedia e nelle Opere minori del Poeta, un pensiero che elevi tanto, nella nostra considerazione, il suo ingegno, precursore dei nostri trovati nella scienza, quanto la verità che è contenuta in questi due versi. Basti il dire che essi contengono la prova di aver Dante saputo intendere, trecento e più anni prima di Galileo e più felicemente di lui, la vera causa delle maree. Di questa causa ora nessuno dubita più, e possiamo anzi valutarne gli effetti con calcoli rigorosi: è la reciproca attrazione o gravitazione della Terra, della Luna e del Sole. Dante comprese ed affermò questa grande verità, non certamente nella forma come la possediamo noi, per merito principalmente di Isacco Newton; ma come causa di un fenomeno sul quale avevano tanto delirato i più grandi filosofi e naturalisti dell' antichità. Se Egli avesse potuto concepire nel centro del sistema planetario, non la Terra, ma il Sole, la intuizione che ebbe dell'effetto che *il volger della Luna* produce nelle acque dell'oceano, forse gli avrebbe potuto far vedere chiaramente anche la ragione per la quale, nel centro della Terra « ogni gravezza si rauna » (*Infer.* XXXII, 72); e « al qual si traggon d'ogni parte i pesi » (*Infer.* XXXIV, 111).

Probabilmente Egli non vide l'intima relazione che collega nella stessa legge l'uno e l'altro fenomeno; ma questo è certo che Dante ebbe la chiara nozione della gravità di ogni cosa verso il centro della Terra, ossia del mondo, secondo il sistema cosmico che Egli riteneva per vero; e per conseguenza dovette anche pensare all'effetto che il volger della Luna produce nelle acque del mare.

Per meglio comprendere il valore di siffatta cognizione in Dante, io mi studierò dapprima di mostrare, nel più breve e chiaro modo che mi sarà possibile, le principali opinioni che fino a' tempi suoi si erano manifestate intorno alle maree; e poi cercherò di esporre, ne' suoi principî generali, la teorica che sul fenomeno delle maree ci dà la scienza moderna.

I. Le antiche opinioni sulla causa delle maree.

La prima è di Timeo presso Platone, di colui che attribuiva la causa delle maree a' fiumi: « Timaeus (dice Plutarco) flumina causatur per Celtarum montes in Atlanticum irrumpentia, protrudendo enim impetu suo mari, aestum ciere, contraque remisso, mare retro denuo agere, aestumque refluum facere » (1). Ma dato pure per un momento, che i fiumi scendenti da' monti celtici fossero tali e tanti da respingere le acque del mare, come spiegare poi la intermittenza della loro spinta? Si comprende subito che Timeo non aveva mai veduti quei fiumi e neppure le maree nelle coste dell'Atlantico.

La seconda opinione fu di Platone stesso, il quale (secondo Plutarco pure) attribuiva la causa delle maree alle acque che, dall'abisso alternatamente erompendo, producono il flusso e riflusso de' mari. « Plato in elationem quandam causam confert, aquas enim cuiusdam specus hiatu sustolli et late effluere, subindeque eodem refluere, ex quo undabunda maria jaetari » (2). Dunque Pla-

---

(1) Plutarco, *De Placitis Philosophorum*, Lib. III, cap. XVII, secondo la versione adottata nell'*Almagestum Novum* del Riccioli, Tomo II, Lib. IX, Sez. IV, § XXIV, pag. 373.

(2) Ivi, § XXIV, pag. 374.

tone ammetteva un sollevamento considerevole delle acque del mare, per causa delle aperture che supponeva nel fondo del mare stesso, le quali, emettendo a volta a volta, o ringoiando nuove onde, producono il movimento alternato del flusso e del riflusso. In questa guisa Plutarco ci significa l' opinione di Platone sulle maree; ma noi, diciamo il vero, ne intendiamo assai poco. Secondo Stobeo, Platone dà per causa del flusso e riflusso una sospensione naturale delle acque, le quali, aprendosi un passaggio per le aperture della Terra, cagionano i rigonfiamenti ordinari e straordinari del mare. Bisogna però convenire che neppure per quest'altro scrittore la opinione di Platone acquistò maggiore chiarezza. Non s'intende bene ciò che il Filosofo abbia voluto dire per questa emissione o sospensione delle acque, nè in quale luogo della terra egli supponga le aperture per le quali le acque escono e producono questa sospensione. Non si comprende nemmeno per quale causa o potenza le acque escano dalle aperture e poi vi rientrino. Vero è che queste difficoltà si possono rischiarare con un'altra ipotesi di Platone, la quale, sebbene poetica e favolosa, prova, ciò non ostante, quale opinione, Egli deve aver avuta sull'origine del fenomeno. Questo filosofo, ad esempio de' Pitagorici e della scuola del Portico, credeva che il globo della terra fosse animato; e perciò gli diede movimenti ed affezioni simili a quelli che si osservano negli animali; infine, anche organi gli diede e parti convenevoli a quei movimenti. Come dunque gli altri animali hanno un cuore, polmoni, narici e una bocca, per mezzo delle quali essi attirano e respingono l' aria, così, parimente, Egli ha creduto che, nelle viscere e nella superficie, la Terra avesse tali organi per i quali le acque del mare fossero assorbite e rigettate; per modo che queste, uscendo dal grembo ove si raccolgono, producessero il flusso, e rientrandovi, cagionassero il riflusso. L' ipotesi non merita di essere confutata, ma noi la riferiamo soltanto per commentare questo luogo di Plutarco, non certamente facile e chiaro.

Secondo Solino, anche gli Stoici stimavano che la Terra fosse un essere animato, e perciò, respirando per le voragini esistenti nel fondo del mare, come per le narici fa un essere vivente, tutte concitasse le acque. L'opinione, insomma, che con qualche dubbio

erasi attribuita a Platone, venne risolutamente sostenuta dagli Stoici e da Apollonio Tianeo « qui existimarunt mundum animal esse et per voragines terrae, maris fundo propinquas, tamquam per nares spiritus corporeas, inspiratione ac expiratione reciproca aquas modo resorbere, modo proflare, et ita aestum concitare quasi anelando: sic et Apollonius Thyaneus idem tribuit spiritibus sub mari anhelantibus, quibus non parum favet animalis illa facultas, quam Keplerus tribuit toti globo ex terra et aqua compacto » (1). Certamente, anche Keplero sostenne dapprima questa bizzarra opinione; ma nell'Introduzione a' *Commentari di Marte* l'insigne astronomo pose poi quattro tesi delle quali esplicitamente tratta della attrazione reciproca della Luna e della Terra. Ecco le due prime: « 1. Si Luna et Terra non retinerentur vi animali, aut alia aliqua aequipollenti, quaelibet in suo circuitu, Terra ascenderet ad Lunam quinquagesima quarta parte intervalli; Luna descenderet ad Terram quinquagintatribus circiter partibus intervalli, ibique jungerentur: posito tamen quod substantia utriusque sit unius et ejusdem densitatis. 2. Si Terra cessaret *attrahere* ad se aquas suas, aquae marinae omnes elevarentur, et in corpus Lunae influerent » (2).

Una terza opinione è di coloro che attribuiscono la causa delle maree al moto diurno *rapienti secum omnia*. Così gli Arabi presso Alberto Magno nel tratt. II, cap. 6 della *Proprietà degli elementi*, e fra essi *Alpetragio*, citato da Dante nel Convivio (III, 2) da non confondersi, come aicuni fanno, con *Alfarabio*. Ma anche contro questa opinione trae i suoi argomenti l'*Almagestum Novum*: « Sed si vera esset haec opinio, non fieret fluxus ac refluxus nisi secundum longitudinem, et maximus sub Aequatore, nec vicissitudines lunarium motuum tantam varietatem aestuum efficerent » (3).

Delle maree Plinio (Lib. II, cap. 97) dice così: « Aestus maris accedere et reciprocare maxime mirum: pluribus quidem modis;

(1) Dal citato *Almagesto*, pag. 375 dello stesso tom. II, § XXX.
(2) Ivi, pag. 376 e sg., § XL.
(3) Ivi, pag. 375, § XXXI.

verum causa in Sole Lunaque ». Ma non mostra come. Nel cap. 101 ritorna sull' argomento e dice : « Luna femineum ac molle sidus solvit humorem et trahit non aufert ». Questa opinione, secondo Plutarco (1), ebbe altresì Pytheas Massiliensis, sostenendo « maris accessus Lunae incremento fieri, decremento autem recessum ». Siffatta relazione tra il flusso e riflusso del mare, *col muover della Luna*, l' ebbe anche Cesare, il quale nel lib. IV de' *Commentari* dice: « Eadem nocte accidit, ut esset Luna plena, quae maritimos aestus maximos in Oceano efficere consuevit ». Ma non significa in qual modo poteva la Luna produrre quell' effetto. La spiegazione venne poi data da Giovanni Scoto e S. Tommaso. Questi, riconoscendo che si attribuiva alla Luna la virtù di eccitare gli umori delle piante, delle conchiglie e di parecchi animali, segnatamente nel plenilunio, parimente dalle fasi della Luna, senz' altro, facevano dipendere il flusso e il riflusso del mare. La spiegazione era evidentemente molto ingenua.

Notevole è pure l'opinione di Aristotele e di Eraclito che riferiscono, non solo alla Luna, ma anche al Sole la causa delle maree. Ma in qual modo? Eccitando gli aliti e i fiati sotto le acque. Plutarco (nel loc. cit.) riferisce siffatta opinione con le seguenti sentenze: « A Sole haec fieri censent, illum enim complurimos flatus sua vertigine secum circumflectere, quibus ingruentibus Atlanticumque protrudentibus ipsum extumescere, aestumque efficere: quibus tandem sopitis sese aestum colligentem cessim ire, idque esse reciprocationem ». Aristotele infatti parla nel seguente modo verso la fine del cap. 4° del *Mondo*: « Esso (il mare) lascia de' vuoti e si ritira; fa delle escursioni e talvolta de' ritorni; ne esalano fuochi, se ne formano fontane, ne prorompono turbini ed esalazioni, non solamente nel mezzo del mare, ma altresì negli stretti. Si dice anche che vi sono grandi elevazioni ed intumescenze delle acque che arrivano in tempi determinati, secondo le *rivoluzioni della luna* ». Questo tratto ci dà una ben piccola opinione della scienza di Aristotele sul fenomeno delle maree. Egli ne parla

(1) *De Placitis Philosophorum*, Lib. III. Cap. 17.

ancora in due altre parti delle sue operc (1); ma non dice che poca cosa. Forse l'incertezza che mostra sulla natura del fenomeno fece nascere la leggenda che si fosse precipitato nel mare, per la disperazione di non poterlo comprendere; e furono all'uopo citati S. Giustino e S. Gregorio di Nazianzo. Il primo infatti si esprime così: « Aristoteles..... cum Euripi Chalcidici naturam cognoscere non posset, collecto ex dedecore et ignominia dolore perculsus vitam reliquit » (2).

S. Gregorio Nazianzeno sembra indicare la medesima tradizione, allorchè all'Imperatore Giuliano dice: « Laudas etiam..... in Homero discendi amorem circa Arcadicam quaestionem (3) et in Aristotele Philosophiam et diutinam moram ad reciprocos aestus, quibus uterque occubuit (4). Il Bayle osserva con ragione che si è avuto torto di citare questi due autori, pretendendo che Aristotele morisse di vergogna e di dolore, per non aver punto scoperta la causa delle maree: « Saint Grégoire de Nazianze se contente, de ne point contredire Julien qui avait allégué Aristote comme un exemple d' une passion pour l' ètude si grande qu' elle lui avait causé la mort..... Il se pourrait faire qu'il (Julien) eut voulu dire qu' Aristote observa avec tant d' assiduité les mouvements de l' Euripe, et médita si profondément sur ce sujet, que cette forte application de corps et d' esprit ruina sa santé, et lui attira la maladie qui le fit mourir. Je croirais cela plutôt que toute autre chose » (5). Strabone, Suida ed altri dicono che Aristotele inghiottì del veleno. Ma il sentimento più generale sulla morte di Aristotele è che egli morisse d'una malattia di stomaco che si accrebbe per le veglie e per la sua applicazione allo studio. « D' ailleurs

(1) Nella *Meteorologia*, Cap. II, e ne' *Problemi* Sez. XXIII.

(2) S. JUSTIN. *Cohortatio* ad Graecos, pag. 33, ediz. PP. Bened.

(3) Dicevasi che Omero fosse morto di dolore, per non aver potuto comprendere questa risposta de' pescatori di Arcadia: « Noi non abbiamo ciò che abbiamo preso; noi abbiamo ciò che non abbiamo preso ». E alludevano..... alle pulci.

(4) G. GREG. NAZIANZ. *Orat. 3, adv. Julianum*, pag. 79, ediz. Morel.

(5) BAYLE, alla parola Aristotele, nota Z.

nous ne voyons rien dans les ouvrages d' Aristote qui annonce seulement la moindre curiosité dans cette matière; ainsi cette vieille tradition mérite bien peu de confiance » (1).

Anche Tolomeo parlò delle maree, *secundum lunam aestus moris reduntationes* (2). Seneca si spiega con esattezza su questo argomento, allorchè delle acque dell'Oceano dice : « Crescunt et ad horam ac diem subeunt, ampliores minoresque prout illas lunare sydus elicuit, ad cujus arbitrium Oceanus exundat » (3). Macrobio, autore del quarto secolo, descrive abbastanza bene i movimenti dell'oceano, nel periodo di sette giorni e delle sue proprietà: « Oceanus quoque in incremento suo hunc numerum tenet; nam primo nascentis lunae die fit copiosior solito, minuitur paulisper secundo, minoremque videt cum tertius quam secundus, et ita decrescendo ad diem septimum pervenit. Rursus octavus dies manet septimo par, et nonus fit similis sexto..... tertio quoque duodecimus, et tertius decimus fit similis secundo, quartus decimo primo. Tertio vero hebdomas eodem facit quae prima, quarto eodem quae secunda » (4).

Seleuco attribuiva le maree al movimento della terra, opinione poi sostenuta da Galileo: « Seleucus Mathematicus, dice Plutarco (5), movens ipse quoque Terram, circumactui motuique eius occcursare Lunae vertiginem dicit, quo impetu colligente se inter haec duo corpora statu, et in Atlanticum irruente, probabili ratione conturbari mare ». Ma l'autore dell'*Almagestum Novum* con tredici argomenti, foggiati tutti sul principio contrario della immobilità della terra (*terra autem stat!*), crede di poter seppellire Galileo anche su questa opinione. Predominato dalla verità del moto della Terra, Galileo ebbe il torto di non aver meglio considerato, fra le antiche opinioni sulla causa delle maree, quelle che indussero Dante, trecento e più anni prima di lui, a vederla nel *muover della Luna.*

---

(1) De La Lande, *Astronomie,* tom. IV, pag. 5.

(2) Tolomeo. *Quadripart.* Lib. II, cap. 12.

(3) Seneca, *De Providentia,* Cap. I.

(4) Macrobio in *Somn. Scip.* lib. I, cap. 6, pag. 27, dell' ediz. di Lond. 1794.

(5) *De Placitis Philosophorum,* lib. III. cap. 17.

Anche i Poeti parlarono del fenomeno delle maree. Il più antico, cioè Omero, dice nel XII dell'Odissea che in Cariddi il mare si solleva e si ritira tre volte il giorno. Strabone pensa che la parola *τρὶς* sia stata messa a causa della figura poetica (?), invece del motto *δὶς*, due volte; ma perchè non credere piuttosto che Omero fosse male informato o che altri avesse corrotto il testo? Tale infatti è l'opinione di qualche autore moderno (1).

Nella sua epistola ad Iccius, Orazio si chiese « Quae mare compescant causae ». Virgilio parla del flusso e riflusso del mare, come di un oggetto degno della curiosità d'un filosofo:

. . . . . qua vi maria alta tumescant
Objicibus ruptis, rursusque in seipsa residant.
(Georg. II, 480).

Lucano parlando de' Belgi, si esprime d' una maniera molto filosofica sul flusso e riflusso del mare:

Quoque jacet littus dubium, quod terra fretumque
Vindicat alternis vicibus, cum funditur ingens
Oceanus, vel cum refugis se fluctibus aufert.
Ventus ob extremo pelagus sic axe volutet,
Destituatque ferens, an sidere mota secundo
Tethyos unda vagae lunaribus aestuet horis;
Flammiger an titan, ut alentes hauriat undas
Erigat Oceanum, fluctusque ad sidera tollat,
Quaerite quos agitat mundi labor; at mihi semper
Tu quaecunque moves tam crebros causa meatus,
Ut superi voluere late.
(Phars. I, 409).

Ciò che Lucano disperava di poter giammai intendere fece egualmente la disperazione di tutti coloro che ne cercarono la causa. S. Agostino aveva sovrattutto della pena per non poterla comprendere. « Maris inundantes tumores considerare permittitur sed recedentis intelligentia privamur » (2).

---

(1) COSTARD, *Hist. of astron.*, pag. 256, 58.
(2) *De Civit. Dei* VII, 22, *Mirabil. Sacrae Scripturae,* I, 7.

Non abbiamo voluto tener conto di molte altre opinioni: l'autore dell'*Almagestum Novum* ne espone, confutandole, diciotto; ma poche sono quelle che meritano qualche considerazíone, o per l'autorità di chi le escogitò, e forse anche per la loro stravaganza. Questo però vogliamo notare che quelle di Plinio. di Aristotele e di Eraclito, sebbene facciano intravedere l'azione della Luna, pur tuttavolta sono troppo lontane anch'esse dalla verità. Non possiamo affermare che n'ebbe invece la cognizione intera Dante; ma da un Poeta del 300 non si poteva pretendere di più. Staremmo anzi per dire, che la sua espressione potrebbe essere bene accolta anche dalla scienza moderna, se *nel volger della Luna* implicitamente si comprendesse l'azione, che il nostro satellite esercita sulle acque marine con la sua gravitazione. Mi studierò pertanto di esporre nel più breve e chiaro modo che io potrò, quello che oggidì si può affermare con piena sicurezza intorno al fenomeno delle maree. Lo studio degli antichi allora è veramente utile, quando ci serve per meglio intendere i moderni.

Ma, prima di venire alla esposizione della teorica moderna sulle maree, ci giovi ricordare che fino al 1651, quando Keplero già presentiva la forza di attrazione della Luna, l'autore più volte citato dell'*Almagestum Novum* giungeva alla seguente conclusione: « Fluxum refluxumque maris sepulcrum esse curiositatis humanae!». E davvero la scienza sarebbe morta, se si fosse dato ascolto a lui, che propugnava ancora l' Astronomia Tolemaica, per la quale la Chiesa aveva diffidato del nuovo sistema Copernicano.

II. Descrizione e causa delle maree.

Un sorprendente spettacolo è davvero quello che presenta, in un tempo calmo e sotto un cielo sereno, il mare con la sua viva agitazione, due volte al giorno, la prima per invadere la riva, la seconda per ritrarsene. Dissi due volte al giorno, ma più esattamente doveva dire in $24^h\ 50^m\ 28^s$ circa, alzandosi ed abbassandosi oltre una certa altezza media. Allorchè monta e invade le rive, respinge le acque de' fiumi e chiamasi *flusso* o *alta marea*. Allorchè discende e abbandona le rive, appellasi *riflusso* o *bassa marea*.

L'intervallo di due flussi consecutivi è di $12^h 25^m 14^s$. Il momento del riflusso separa questa durata in due parti ineguali. Il periodo completo che comprende due alte e basse maree è precisamente eguale all' intervallo di tempo compreso fra due ritorni consecutivi della Luna al meridiano superiore.

L' altezza dell' alta marea varia ciascun giorno: essa è maggiore verso l'epoca delle sizigie e più piccola verso il tempo delle quadrature. Ma la più grande altezza non ha luogo nel momento della sizigia; essa avviene 36 ore appresso. Così, se la sizigia si verifica nel momento d'un'alta marea, la terza marea che la segue è la più grande; e perciò, 36 ore appresso una quadratura, la marea è più debole.

Più la marea si eleva, allorchè essa è *alta*, più essa discende quando poi è *bassa*. Chiamasi *marea totale* la semisomma delle altezze di due maree alte consecutive. La marea totale raggiunge in media nell'Atlantico 6 metri nelle sizigie e 3 nelle quadrature. Nel Mediterraneo è appena sensibile.

La grandezza della marea totale varia con la distanza della Luna alla terra; essa aumenta quando la Luna si avvicina, diminuisce quando la Luna si allontana. La variazione di questa distanza, sopra o sotto il suo valore medio è di circa $^1/_{15}$; e la variazione corrispondente della marea totale, nelle sizigie è $^3/_{20}$ del suo valore medio.

La variazione della distanza del Sole alla Terra esercita altresì un' influenza sulle maree; ma essa è meno sensibile. A cose eguali, le maree delle sizigie sono più grandi, e quelle delle quadrature sono più piccole in inverno che in estate.

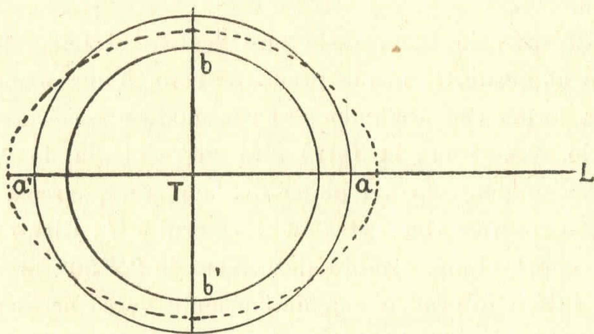
Le maree delle sizigie sono tanto più forti, e quelle delle quadrature tanto più deboli, quanto la Luna e il Sole sono più vicini all'equatore.

Agli equinozi, quando la Luna nuova o la piena si trova alla sua distanza media dalla terra, l' alta marea non arriva nel momento medesimo del passaggio dell'astro al meridiano; ella segue il momento di mezzanotte o di mezzodì vero, di un intervallo di tempo che varia da un porto all' altro, ma che è costante in un medesimo porto. Questo ritardo è ciò che si chiama lo *stabilimento*

del porto, perchè determina le ore delle maree relative alle fasi della Luna.

I fatti che abbiamo esposti bastano per mostrare che esiste una intima relazione fra le oscillazioni del mare e il movimento della Luna. Egli è dunque naturale l'attribuire al nostro satellite la più gran parte del fenomeno. Esaminiamo dunque come la Luna può produrlo.

Supporremo la Terra perfettamente sferica e completamente ricoperta dal mare; e per istudiare l'azione dell'astro, supporremo pure che la Terra e la Luna sieno immobili, Sia T (si tenga presente la figura) la sezione della Terra per il piano dell'orbita della Luna, e sia L la posizione dell'astro.



Se tutte le molecole che compongono la massa solida e liquida del nostro globo fossero egualmente attirate verso il punto L, esse obbedirebbero in comune a queste attrazioni, e l' equilibrio delle acque non sarebbe punto turbato. Ma il fatto non è così. Dimostrasi in meccanica, che l'attrazione esercitata da un corpo solido sferico esteriore è esattamente la stessa che se la massa del corpo attirato fosse condensato al suo centro. Così, l'azione della Luna sulla parte solida della Terra è la stessa che se la massa della Terra fosse tutta intera nel punto *T*. Ma una molecola d'acqua *a* situata sulla retta *TL*, è più vicina alla Luna che il centro *T*, di tutta la lunghezza del raggio terrestre; essa dunque deve essere più energicamonte attirata; essa tende così a separarsi dalla su-

perficie della Terra; ma vi è ritenuta per il suo peso che diminuisce tale tendenza. Parimente, la molecola *a'*, situata sul prolungamento del diametro *LT*, è più lontana dalla Luna che il punto *T*; essa è meno fortemente attirata; la superficie terrestre tende dunque a separarsene; ma il peso della molecola ve la ritiene attaccata. Questa forza è dunque ancora diminuita dall' attrazione lunare.

Da un altro lato, sul diametro perpendicolare al primo, le molecole *b* e *b'* subiscono assai sensibilmente la medesima azione che il centro T. Bisognerà dunque, perchè l'equilibrio esista, che lo spessore della massa liquida, nelle regioni *a* ed *a'* ove il peso è minore, sia più considerevole che in *b* e *b'*. Il mare dovrà dunque prendere la forma allungata nel senso *aa'*, che viene indicata nella figura.

Se la Terra e la Luna restassero realmente immobili, come le abbiamo supposte, le acque prenderebbero, d'una maniera permanente, la forma che abbiamo loro assegnata e esse resterebbero in equilibrio. Ma, si sa, la Terra gira su se stessa, in 24 ore, e la Luna che supponiamo nel piano dell' equatore, circola nel medesimo senso intorno alla Terra in 27 giorni e $^1/_3$. Risulta da' due movimenti che la Luna sembra descrivere in $24^h\ 50^m\ 28^s$, una circonferenza intera intorno a noi, dall' oriente verso occidente. Per conseguenza, al termine di $6^h\ 12^m\ 37^s$, essa avrà descritto 90 gradi, e sarà nella direzione T*b'*; e sarà in questa direzione che l' ellissoide sarà allungata e vi sarà depressione nella direzione perpendicolare *aa'*. Poi, $6^h\ 12^m\ 37^s$ più tardi, essa sarà formata al meridiano dal lato di *a'*; là avrà luogo una nuova elevazione del mare in *a* ed *a'*; quindi una novella depressione avverrà in questi punti; appresso ad un nuovo intervallo di $6^h\ 12^m\ 37^s$. E infine, al termine di $24^h\ 50^m\ 28^s$, i medesimi fenomeni si riprodurranno. Così, come si comprende facilmente, l'intervallo di due alte maree consecutive deve essere di $42^h\ 25^m\ 14^s$; ed è ciò che si osserva realmente (1).

---

(1) È facile calcolare la forza che solleva una molecola d'acqua *a* o *a'*; perchè è la differenza delle due forze che agiscono sul centro della terra e sulla molecola. Sieno *d* la distanza *TL*, *r* il raggio terrestre, *m*

L'attrazione del Sole deve produrre sulle acque del mare un effetto analogo, il cui periodo è il giorno solare. Ma benchè la massa di quest'astro sia molto più considerevole che quella della Luna, la sua azione è meno sensibile, perchè la sua distanza dalla Terra è molto più grande.

Si spiega in meccanica come il movimento di un sistema, sottomesso a due forze, è il movimento risultante de' movimenti parziali che ciascuna forza gl' impresse separatamente; dunque i due flussi parziali prodotti dalla Luna e dal Sole si combinano senza turbarsi, ed è da questa combinazione che nasce il flusso che si osserva ne' porti. Ma perchè i periodi de' due fenomeni non sono punto gli stessi, l'istante della marea solare non è sempre il medesimo che quello della marea lunare. Se a un certo momento, le due maree coincidono, la lunare seguente ritarderà sulla solare dell'eccesso della mezza giornata lunare sulla mezza giornata so-

---

la massa della Luna ed f l'attrazione dell' unità di massa lunare all' unità di distanza; le azioni della Luna sul punto T e sul punto a, sono, in conseguenza della legge di Newton sull' attrazione universale, $\frac{fm}{d^2}$ e $\frac{fm}{(d-r)^2}$; e la loro differenza è

$$\frac{fm}{(d-r)^2} - \frac{fm}{d^2} \quad \text{o} \quad \frac{fm\,[d^2-(d-r)^2]}{d^2(d-r)^2}$$

ovvero

$$\frac{fm(2\,dr-r^2)}{d^2(d-r)^2}.$$

Ma r non è che $\frac{d}{60}$; si può dunque trascurare r^2 *vis-a-vis* de $2dr$ al numeratore, e r *vis-a-vis* di d al denominatore; e l' espressione diventa $\frac{2fmrd}{d^4}$, o $\frac{2fmr}{d^3}$. Così la forza che solleva la molecola a è proporzionale alla massa della Luna e in ragione inversa del cubo della sua distanza della terra. Si avrà parimente che la forza che scosta la molecola a' dalla superficie terrestre è $\frac{fm}{d^2} - \frac{fm}{(d+r)^2}$, o $\frac{2fmr}{d^3}$. Essa è dunqne la medesima che quella la quale agisce in a. Il mare prende, sotto questa azione, la forma di un' ellissoide allungata verso la Luna.

lare, vale a dire di $25^m 14^s$. Questi ritardi andranno accumulandosi di giorno in giorno; al termine di 7 giorni e $^1/_4$ circa, essi saranno 6 ore $^1/_4$ presso a poco, finchè l' alta marea lunare coinciderà con la bassa marea solare e inversamente. E sono tali differenze quelle che producono le variazioni di altezza delle maree, secondo le fasi della Luna. Così, se il Sole e la Luna passano insieme al meridiano, le loro azioni si aggiungono, poichè esse hanno luogo nel medesimo senso: ed è siffatta concordia quella che dà le grandi maree delle sizigie. Se i due astri, al contrario, passano al meridiano a sei ore di distanza, l' uno tende a produrre una depressione in un punto, nel momento che l' altro tende a determinarvi una elevazione: le due azioni si contrariano e si diminuiscono scambievolmente: il risultato è la marea delle quadrature, la più debole di tutte.

D'altronde, poichè la marea lunare la vince sulla solare, essa regola principalmente la marea risultante; così in un tempo dato vi debbono essere tante maree, quanti sono i passaggi della Luna al meridiano superiore o inferiore: ciò che si osserva infatti (1).

Più un mare è vasto, più i fenomeni delle maree debbono essere sensibili; perchè è principalmente la differenza delle attrazioni esercitate sopra le molecole estreme della massa fluida, quella che produce qua una elevazione, là una depressione: ora, in una piccola estensione, le attrazioni sono presso a poco le medesime su tutte le molecole, e la variazione del livello ordinario del mare è quasi nulla. E così che non vi ha quasi alcuna marea nel Mar

---

(1) Si può calcolare facilmente il rapporto delle due azioni, con l'aiuto della formola data nella Nota precedente; perchè se M è la massa del Sole, e se D è la sua distanza dalla Terra, la sua attrazione sopra una molecola a è $\frac{2fMr}{D^3}$: dunque il rapporto dell' attrazione della Luna a quella del Sole è $\frac{2fmr}{d^3} : \frac{2fMr}{D^3}$; ovvero $\frac{m}{M} \times \frac{D3}{d^3}$. Ma $M = 354030$, e $m = \frac{1}{75}$; dunque, $\frac{m}{M} = \frac{1}{354030 \times 75}$; poi $d = 60{,}273\ r$, e $D = 23280\ r$; dunque $\frac{D}{d} = \frac{23280}{60{,}273}$; dunque il rapporto vale $\frac{1}{354030 \times 75} \times \frac{23280^3}{60{,}273^3}$, o 2,18 circa. Così la marea solare non è neppure la metà della lunare.

Nero e nel Mar Caspio; e nel Mediterraneo stesso le maree sono poco sensibili.

Se l'Oceano ricoprisse per tutto la sferoide terrestre ad una eguale profondità, se non provasse alcuna resistenza ne' suoi movimenti, ciascuna marea parziale avrebbe luogo nel momento medesimo in cui l'astro esercita la sua più grande azione, vale a dire nel momento del suo passaggio al meridiano. Ma il fatto non avviene così; e per comprendere la causa che produce il ritardo ne' punti dell'Oceano, immaginiamo, col Laplace, un largo canale comunicante col mare, e penetrante lungamente nelle terre, sotto il meridiano della sua imboccatura. Se si suppone che a questa imboccatura la piena marea lunare o solare abbia luogo nel momento medesimo che il passaggio dell'astro al meridiano, evidentemente il movimento ondulatorio si trasmetterà successivamente a' differenti punti del canale, e le ore del flusso ritarderanno tanto più che questi punti saranno più lontani dall'imboccatura. È per questa considerazione che possiamo intendere le maree ne' porti dell'oceano; il flusso si forma nel mezzo dell'Oceano, nel momento del passaggio dell' astro al meridiano; le onde che esso produce si propagano a poco a poco verso le coste, come verso l'estremità del canale; esse arrivano ne' porti, e vi determinano l'alta marea, in un tempo, più o meno lungo, dopo il passaggio.

Da ciò si vede che, se il mare ricoprisse dapertutto la sferoide terrestre, la marea solare e la lunare avrebbero luogo al momento del passaggio del Sole e della Luna al meridiano; e se allora la sizigia arrivasse a mezzodì, questo sarebbe il momento della più grande marea. Ma l'esperienza e la teoria provano che, se l'attrazione de' due astri si comunica istantaneamente al mare, i movimenti che ne riflettono impiegano 36 ore circa a pervenire ne' porti dell'Oceano. Non è dunque che 36 ore dopo ciascuna sizigia o ciascuna quadratura, che vi si osserva il massimo o il minimo delle maree composte.

Quanto all' altro ritardo costante, chiamato *stabilimento del porto,* esso proviene dalla configurazione delle coste e delle località: esso è sovente molto differente per due posti assai vicini.

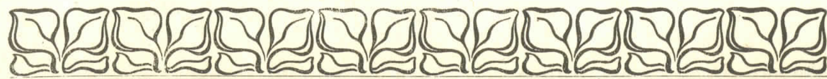
La teoria dell'attrazione, dunque, rende conto con una preci-

sione perfetta delle variazioni d'altezza corrispondenti alle ineguaglianze del movimento, della declinazione o della distanza degli astri. « Cette action du Soleil et de la Lune sur la mer (dice il Laplace) suite nécessaire de l'attraction universelle démontrée par tous les phénomènes célestes, étant confirmée par les phénomènes de marèes, ne doit laisser aucun doute. Elle est portée maintenant à un tal dégré d'évidence, qu'il existe sur cet objet un accord unanime entre les savants instruits de ces phénomènes, et suffisamment versés dans la géometrie et dans la mécanique, pour en saisir les rapports avec la loi de la pesanteur » (1).

La sola teoria dell' attrazione ha potuto render conto de' fenomeni ne' quali gli antichi vedevano il *sepolcro dell'umana curiosità;* e se Dante non ebbe, e non poteva averlo!, il merito di divinare con piena coscienza la causa del fatto, ebbe però quello di saper intuire che fra le tante strane cose che si erano dette, quella causa doveva cercarsi nel *volger della Luna.* Ma per grande che sia nell'animo nostro il concetto dell' ingegno di Dante, non possiamo portarlo, per esagerazione, fino all' idolatria!

---

(1) *Exposition du Monde,* pag. 327.



III.

L'OSCURAMENTO DEL SOLE

NEL MOMENTO CHE CRISTO FU POSTO IN CROCE

Per apparer ciascun s'ingegna e face
sue invenzioni, e quelle son trascorse
da' predicanti, e il vangelo si tace.
Un dice che la Luna si ritorse
ne la passion di Cristo, e s'interpose,
perchè 'l lume del Sol più non si porse,
E mente; chè la luce si nascose
da sè, però a l'Ispani e a l'Indi
come a' Giudei, tale ecclissi rispose.
(*Parad.* XXIX, 94-102).

Per far pompa di dottrina e d'ingegno, i predicatori spacciano le proprie invenzioni e trascurano invece le verità del Vangelo. Nella passione di Cristo avvenne un oscuramento universale del giorno: ebbene, qualcuno, comprendendo che il fatto non poteva avvenire per effetto di un'ecclissi ordinaria, perchè la Luna quel giorno era piena, ossia *in opposizione* al Sole, dice che essa si ritorse tanto sul suo cammino, da andare a porsi *in congiunzione,* ossia tra la terra e il Sole. E mentisce, perchè nessuna ecclissi può oscurare il Sole per tutto un emisfero. Or quell'oscuramento fu universale: *A sexta autem hora tenebrae factae sunt super universam terram, usque ad horam nonam :* Matteo, 27.—*Et facta hora sexta, tenebrae factae sunt per totam terram usque in horam nonam:*

Marco, 15. — *Erat autem fere hora sexta, et tenebrae factae sunt in universam terram, usque in horam nonam et obscuratus est Sol et velum templi scissum est medium:* Luca, 13. L'oscuramento, dunque, secondo gli Evangeli, fu per tutta la terra, ossia per tutto l' emisfero della gente, secondo Dante, cioè dagli estremi confini occidentali della Spagna, a quelli orientali dell'India. Dunque avvenne per altra causa, non già per quella di un' ecclissi. Quale potette essere questa causa? « La luce si nascose da sè ». Ecco in sostanza, ciò che ci dice ne' riferiti nove versi il Poeta. Questa opinione, dell' essere la luce del Sole venuta meno da sè, fu seguita anche dal Petrarca, allorchè disse:

Era il dì che al Sol si scoloraro,
per la pietà del suo fattore i rai.

Come chiosa in questo luogo uno de' migliori Commenti nuovi? « Un dice ec. E questo lo disse proprio Dionisio (cfr. *Par.* XXVII, 150), il quale attribuì l'oscurità del Sole alla interposizione della Luna tra il Sole e noi; e perchè allora la Luna era in occidente (?...) in opposizione al Sole (?...) bisognò che ritornasse ad oriente (?...) e così produrre l' ecclissi ». Tre gravi errori! Se la Luna era in opposizione, non poteva essere in occidente; era invece nell' antimeridiano di Gerusalemme, cioè, secondo il sistema cosmico di Dante, sul meridiano del Purgatorio. E per tornare a mettersi in congiunzione e così produrre l' ecclissi, non poteva la Luna tornare *ad oriente;* perchè, se il chiosatore intende l' oriente di Gerusalemme, la Luna sarebbe tornata sul meridiano di Gange, cioè all'*ultimo quarto,* non già in congiunzione; se intende l'oriente del Purgatorio, la Luna sarebbe tornata al *primo quarto*, e quindi neppure là si sarebbe ritrovata in congiunzione. Doveva dunque dire che la Luna, *ritorcendosi* VERSO *oriente, sarebbe andata a rimettersi in congiunzione.*

Dante che sapeva l' astronomia infinitamente più de' predicanti dei tempi suoi e de' chiosatori de' tempi nostri, non poteva accogliere siffatti errori; e de' due miracoli, quello di una ecclissi di Sole, mentre la Luna era in congiunzione, e l'altro del *nascon-*

dersi improvviso della luce, preferì questo risolutamente. Ma conobbe Egli veramente l'origine del primo, quello che spacciavano i *predicanti*?

Di quello immenso deliquio del Sole che gli Evangelisti registrarono nel giorno e nelle ore che Gesù fu posto e morì in croce, parlò ne' suoi *fasti* Flegone Tralliano, liberto di Adriano; ecco ciò che ne dice Origene nel suo trattato in Matteo: « Et Fhlegon quidem in Chronicis suis scripsit in principatu Tiberij Caesaris factum, sed non significavit in Luna plena hoc factum ». Celso nel lib. 2° dice: « De Sole autem Tiberj Caesaris tempore obscurato, quo imperante, Jesus creditur cruci fuisse affixus, et de magnis terrae tunc motibus factis, scripsit Phlegon in tertio decimo, vel decimo quarto, ut arbitror, de temporibus libro ». Anche Eusebio, nel *Chronicon*, all'anno di Cristo 33, nota: « Jesus Christus, Filius Dei etc., secundum prophetias quae de eo fuerant praelocutae, ad passionem venit anno Tiberij XVIII, quo tempore et in aliis Ethnicorum commentariis haec ad verbum scripta eperamus: Solis facta defectio et tenebrae super universam terram; Bithynia terra motu concussa et in urbe Nicaena aedes plurimae corruerunt ».

Tacendo, per brevità, di molte altre testimonianze, riferirò soltanto le seguenti:

Tertulliano: « Eodem momento dies, medium orbem (*cioè il meridiano di Gerusalemme*) signante Sole obducta est. Deliquium utique putaverunt, qui id quoque super Christo predicaverunt, non scierunt: et tamen eum mundi casum relatum in archivis vestris habetis ».

Paolo Orosio: « Eodem quoque die ad horam diei sexta, Sol in totum obscuratus, tetraque nox subito obducta terris est ». Chi non riconosce qui Tertulliano? E soggiunge: « Et impiaque aeternam timuerunt saecula noctem ». E qui chi non ricorda Virgilio? Nel 1° delle Georgiche, per la morte di Cesare, Virgilio infatti dice così:

Ille etiam extincto miseratus Caesare Romam
Cum caput obscura nitidum ferrugine texit,
Impiaque aeternam timuerunt saecula noctem.

Dionigi l'Areopogita racconta di essere stato *testimone oculare* del fenomeno (!), stando allora, nell' età di 25 anni, in Eliopoli. Mi basterà il seguente periodo: « Offusi enim tenebris ipsi eramus, orbem solis undequoque, et ex aequo occupante caligine, et postquam repurgatus restitutioque facta est, Luna ad solis diametrum conversa aufugit! » E doveva Dante trattare da impostori i *Predicanti* i quali dicevano che *la Luna si ritorse*, quando in sostanza ripetevano l'asserzione di un testimone oculare, poichè tale si affermava l'Areopagita? La verità è che per la fede si possono credere tante cose; e si credette anche alle supposte lettere di Dionigi! Finchè creda un uomo fornito di sola fede, ma digiuno assolutamente di scienza, *transeat!;* sentite che cosa, giunge a dire per questa miracolosa ecclissi, nel giorno della morte di Gesù, l'autore dell'*Almagestum Novum* (V, 18 § III): O splendidam caliginem (*caligine splendida!.., altro che seicentismo!*) atque osculandam Eclipsim (*un' ecclissi che strappa i baci!*) quae duo haec sapientissima Graeciae lumina, Dionysium et Apollofanem Christo lumini aeterno subactos adjunxit! » Ma finisce per dire anche lui, che molti credettero « has Epistolas S. Dionysii supposititias » (1).

A Dante mancò certamente la cognizione della lettera dello Areopagita ad Apollofane, sebbene mostri di conoscerne le opinioni sulle angeliche gerarchie (cfr. *Par.* XXVIII, 150). Ma in quella vece ebbe salda e sicura nella mente la dottrina astrono-

---

(1) Legittime però le ritiene S. Tommaso par. 3ª, quaest. 44, art. 2; e tali pure sono per il Baronio, Cornelio a Lapide, Salmeron, Neander, Maurolico, Clavio, Barocio, Blancano. E l' autore dell'*Almagestum Novum* aggiunge: « Et confirmari potest tum ex *Michaele Singelo* in Encomio S. Dionysii, tum ex *Suida* duobus in locis, ubi addunt cum, audito Apollophane exclamasse *ἄγηωσος πάσχει θεὸς δἰ ὃν τὸ πᾶν ἐζόφωται καὶ σεσάλευται*: *Deus ignotus in carne patitur, ideoque concutitur universum, hisceque tenebris obscuratur*, aut certe *Η῎ τὸ θεῖον πάσχει, ἢ τῷ πάσχοντι συμπάσχει;* nimirum *Aut Divinitas patitur aut patienti compatitur*. Esto iam traditione quadam circumferatur illud dictum: *Aut Deus naturae aut Mundi machina dissolvitur* ». (Lib. V, cap. XVIII. § III, tom. I, pag. 358, col. II). Così pure Sacrobosco in fine della *Sfera;* Barocio in in fine della Cosmogr.; Blancano lib. 10, cap. 19. Salmeron, Fonseca, Cornelio a Lapide etc.

mica delle ecclissi, secondo la quale, fin da' tempi più antichi, erasi compreso che nessuna ecclissi di Sole può nello stesso istante avvenire per tutto un emisfero terrestre. Credente sincero e convinto, Egli volle spiegare il fenomeno della notte improvvisa ed universale che credevasi avvenuta nell'istante che Gesù fu posto in croce, col miracolo del riassorbimento della luce nel Sole! Credeva così di salvare la scienza (1). Coloro invece che ignoravano la scienza delle ecclissi, e pur volevano parere addottrinati, accoglievano un altro miracolo, quello della *ritorsione* della Luna alla fase della congiunzione. Neppure con questa bizzarra concessione alla scienza si escludeva il miracolo. Nessuno de' due espedienti salvava la scienza, e quello di Dante non era meno strano e più accettabile dell'altro che spacciavano i predicanti. Ma più strano di entrambi è il modo come chiosano qui i commenti vecchi ed i nuovi!

---

(1) Sulla natura dell' oscuramento totale del Sole nel giorno della Crocifissione e Morte di Cristo il cit. *Almagestum Novum* riferisce otto opinioni: « *Prima* est eorum, qui eam in solem ipsum radios suos retrahentem, ac velut introrsum resorbentem conferunt: quibus favet *S. Ciprianus* serm. de bono patientiae, dicendo: *Cum Sol ne Judeorum factnus S. Chrysostomus,* ut habetur in Catena Serm. de passione Domini. *Non poterat ferre creatura iniuriam Creatoris, unde Sol retraxit radios suos, ne videret impiorum facinora,* quibus concinit S. Hieronimus in cap. 27. Matth. inquiens: *Videtur mihi clarissimum mundi lumen, hoc est luminare majus retraxisse radios suos, ne aut pendentem videret Dominum, aut impij blasphemantes sua luce fruerentur.* Di vero SS. Cyprianus et Chrysostomus videntur metaphorice et concionatorie haec dixisse, aut ferae poetice quomodo Virgilius de Sole post necem C. Julii Caesaris obscurato. 1. Georgicorum cecinerat:

Ille etiam extincto miseratus Cesare Romam etc.

Ma Dante accolse sul serio, non per metafora, questa opinione!



APPENDICE

o

NOTA FINALE

Per comprendere appieno le leggi naturali che il preteso racconto attribuito all'Areopagita avrebbe violate, non sarà inopportuna la sommaria esposizione del movimento proprio della Luna, come ci vien descritto da' moderni trattati di astronomia.

Il fenomeno delle fasi contiene la prova evidente del movimento proprio della Luna. Mentre una stella passa perpetuamente al meridiano, nella medesima ora siderale, si vede il passaggio della Luna ritardare ciascun giorno più di tre quarti d' ora: sei ore circa in sette o otto giorni. Il nostro satellite si sposta dunque fra le stelle, *avanzandosi verso oriente*, come il Sole; ma con una velocità angolare molto più rapida. Questo spostamento, d'altronde, è sensibile al termine di alcune ore; e basta per riconoscerlo, di esaminare nel mezzo di quali stelle la luna si trova in una certa ora della sera, per esempio alle 8, e fra quali altre si vegga a mezzanotte. Più sensibilmente ancora ci si mostrerà il procedere dell'astro verso oriente, in senso contrario al movimento apparente di tutta la sfera celeste, da oriente verso occidente, se la posizione della Luna si osservi da una mezzanotte all' altra.

Poniamo per esempio, che sia stata osservata a 23 gradi di Scorpione; si può cssere sicuro che nella mezzanotte successiva si vedrà presso il 5° di Sagittario: ossia da 233° 26′ 56″ passerà a 245° 40′ 57″.

Per la precisa determinazione di questo movimento della Luna, gli astronomi impiegano il procedimento del quale si servono per tracciare l' eclittica: si misura l' *ascensione retta* e la *declinazione* dell'astro in differenti epoche, segnando sulla sfera celeste il luogo delle successive posizioni che sembra occupare nel cielo. L'ascensione retta e la declinazione sono nel cielo le coordinate che sopra la sfera terrestre corrispondono alla *longitudine* ed alla *latitudine*. È superfluo notare qui le correzioni che conviene portare a ciascuna osservazione, per la rifrazione e la parallasse. Del resto è pure inutile dire che gli astronomi possono calcolare *a priori*, trigonometricamente, il luogo delle posizioni successive che il centro della Luna sembra occupare sulla sfera celeste.

La costruzione geometrica sopra un globo, o il calcolo del luogo delle posizioni della Luna, a traverso le stelle, mostra che la Luna sembra descrivere, *da occidente verso oriente*, un cerchio massimo della sfera celeste inclinato all' eclittica. Si valuta esattamente anche questa inclinazione, e si trova che essa è eguale a 5° 8′ 47″, 9; e che è presso a poco invariabile. Certo è intanto che questo numero non rappresenta che un valore medio intorno al quale oscilla l' inclinazione, durante una lunazione. Raggiunge un minimum di 5° 0′ 1″, ciascuna volta che la Luna è nelle sizigie (*congiunzione* ed *opposizione*), ed un massimo di 5° 17′ 35″, ciascuna volta che la Luna è nelle quadrature (*primo* ed *ultimo quarto*).

In quanto all'inclinazione di questa orbita sull'equatore, sappiamo che varia fra 18° 18′ e 28° 40′ circa, nell' intervallo di 18 anni e $^3/_5$ circa.

Conviene ora distinguere le diverse rivoluzioni della Luna. Chiamasi *tropica* quella che indica l'intervallo di tempo compreso fra due ritorni dell'astro alla medesima longitudine. Si determina questa durata, come si fa per l' anno *tropico;* si calcola cioè per due epoche sufficientemente lontane, il momento in cui la longitudine è nulla; e si divide il tempo trascorso per il numero delle

rivoluzioni. Si trova, così per la rivoluzione tropica, 27 giorni solari medii, con la seguente frazione decimale, 321582; o $27^g\ 7^h\ 43^m\ 4^s,7$.

Il *ritorcimento* o *ritorsione* della Luna nel miracolo della crocifissione di Gesù avrebbe ridotto la metà di questo tempo in un attimo solo, facendo retrocedere la Luna dall' oriente verso occidente (in senso contrario al suo movimento proprio che è dall'occidente verso oriente), di 180 gradi!

Chiamasi *rivoluzione siderale* il tempo che la Luna mette a ritornare alla medesima stella. Questa durata non differirebbe della precedente, se il punto originale delle longitudini celesti non retrogradasse sull' eclittica. Questa retrogradazione deve evidentemente diminuire la durata della rivoluzione tropica. La rivoluzione siderale è dunque un poco più lunga della precedente: si può determinarla nella stessa guisa che l'anno siderale, per mezzo di una proporzione, e si trova che il suo valore è di giorni medi 27, 321661, ovvero $27^g\ 7^h\ 43^m\ 11^s,5$.

Si può dedurre da questo valore la *velocità angolare* della Luna, o il suo *movimento medio* per ciascun giorno. Perchè se essa percorre i 360 gradi della sua circonferenza in 27^g 321661, percorre in un giorno 360° : 321661, ossia 13° 10′ 35″. Tale è l'arco che essa descrive in un giorno a traverso le stelle. Il Sole, nel medesimo tempo, descrive 59′ 7″ soltanto; il movimento angolare della Luna vale dunque più di 13 volte quello del Sole.

Il miracolo spacciato da' predicanti che Dante taccia da impostori, avrebbe arrestato questo movimento, non solo, ma la Luna si sarebbe *ritorta* di 180 gradi, da oriente verso occidente.

Vi ha finalmente la *Rivoluzione sinodica*, che è l'intervallo di tempo compreso fra due piene lune consecutive, o in generale fra due fasi della medesima natura. Si dà a questa durata il nome di *mese lunare* o *lunazione*, la quale comprende un periodo completo di fasi, che si valuta così. Designando per x la durata della rivoluzione sinodica, si trova che, durante questo tempo, il movimento angolare della Luna è l'arco $V'x$, e quello della terra è l'arco Vx: si deve dunque avere l'equazione

$$V'x = 360^\circ + Vx$$

dalla quale

$$x = \frac{360^\circ}{V' - V} = \frac{360^\circ}{\frac{360^\circ}{27,321661} - \frac{360^\circ}{365,25638}} = \frac{1}{\frac{1}{27,321661} - \frac{1}{365,25638}}$$

$$\text{o } x \, \frac{365,25638 \times 27,321661}{337,934719} = 29^{g}, 530588 \,,$$

$$\text{ossia } x = 29^{g}\ 12^{h}\ 44^{m}\ 2^{s}, 9.$$

Il miracolo del quale sarebbe stato spettatore Dionigi l'Areopagita, avrebbe arrestato questo movimento, e in un attimo la Luna ne avrebbe fatto un altro, in senso contrario, per 180 gradi.

Del resto, chi credette che Giosuè arrestò il Sole, per terminare una battaglia, perchè non avrebbe dovuto credere che, per essere stato Gesù posto in Croce, la Luna fuggì, rifacendo la sua via, e tornò, spaventata, nel suo luogo più prossimo al Sole, per velarne la luce? Da un' ecclissi per Gerusalemme a un ecclissi per tutto un emisfero della Terra ci corre molto; ma, data la corsa al miracolo, tutto si poteva dire e tutto si poteva credere. Dante no, a un miracolo di questa natura non volle credere; ma ne ammise un altro di altra specie. Ecco tutto!

